

З. Е. Егорова, канд. техн. наук, доц.,
А. Н. Бутько, магистрант
(БГТУ. г. Минск);
Л. Ч. Бурак, канд. техн. наук
(ООО «БЕЛПРОСАКВА». г. Минск)

5-ГИДРОКСИМЕТИЛФУРФУРОЛ В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ

Особую роль в питании населения любой страны играет соковая продукция из фруктов и овощей. Качество и безопасность этой группы пищевой продукции зависят не только от свойств сырья, но и в значительной степени от технологии консервирования и режимов хранения конечных продуктов. Несмотря на то, что в процессе технологической переработки происходит инактивация микроорганизмов и ферментов фруктового и овощного сырья, в конечных продуктах продолжают происходить биохимические процессы, которые приводят к образованию разнообразных химических соединений, среди которых особого внимания заслуживает 5-гидроксиметилфурфурол (ОМФ) (рис.).

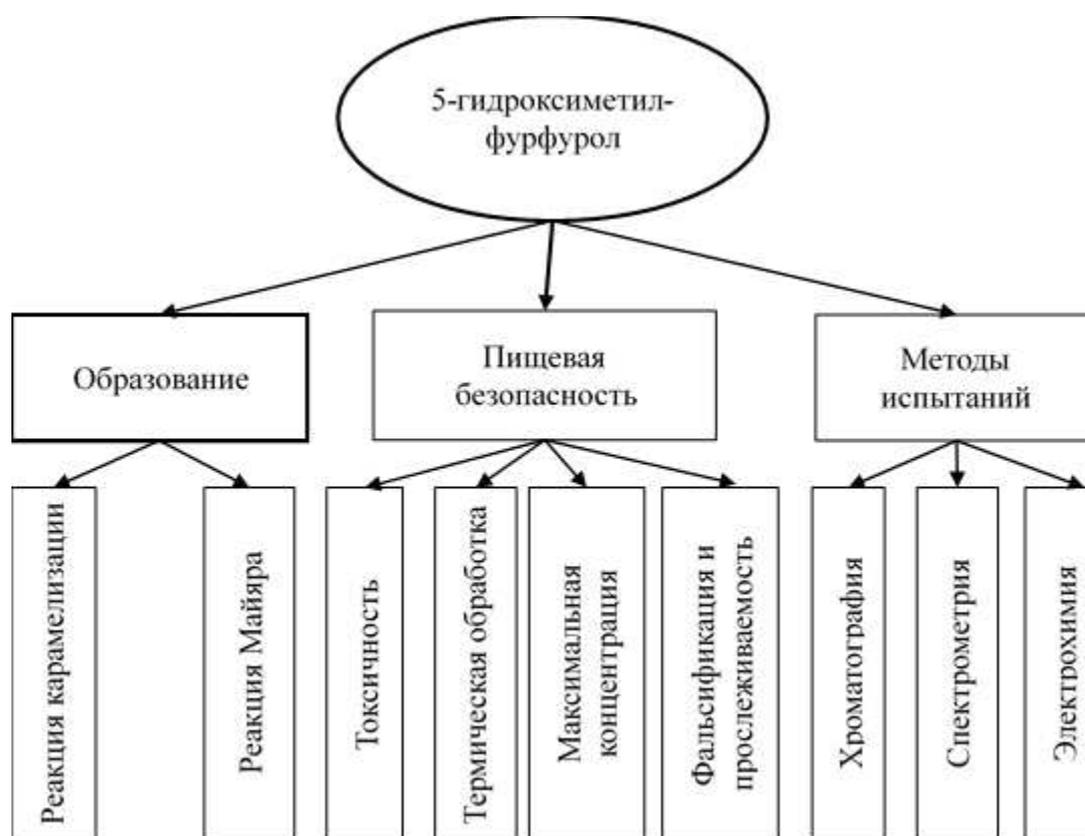


Рисунок – Основные аспекты проблемы присутствия оксиметилфурфурола в пищевых продуктах (заимствовано из [1])

Обзор имеющихся в открытой печати научных данных об оксиметилфурфуроле в пищевых продуктах показал наличие ряда проблем: (1) это соединение накапливается не только в продукции из фруктов и овощей, но и в молочных, кондитерских изделиях, солодовых напитках, бальзамическом уксусе и др. пищевых продуктах; (2) несмотря на наличие стандартизованных методов анализа ОМФ в пищевых продуктах, эти методы часто имеют ограничения в применении. Учитывая выше сказанное, целью данной работы был критический анализ результатов научных исследований, посвященных содержанию и количественному определению ОМФ в пищевой продукции.

Известно, что процесс консервирования фруктов и овощей приводит к изменению химического состава исходного сырья из-за возникающих химических реакций, которые являются причиной накопления соединений, отсутствующих в исходном сырье и негативно влияющих на пищевую ценность конечных продуктов. Одним из таких соединений является оксиметилфурфурол. Известны два типа химических превращений гексоз, приводящих к образованию ОМФ. Один из них – так называемая реакция Майяра, представляющая собой сложный многоступенчатый и разветвленный процесс взаимодействия углеводов с аминокислотами, пептидами и белками. Другой путь образования ОМФ в пищевых продуктах – реакция дегидратации гексоз, протекающая при каталитическом воздействии кислот (реакция карамелизации) при температурах от 150 до 200 °С [1, 2]. Скорость этих обеих реакций и, соответственно, интенсивность накопления ОМФ в продукте в значительной степени зависят от температуры. Поэтому, в зависимости от пути образования ОМФ, его содержание отражает глубину химических превращений углеводов либо углеводов и белковых веществ в процессе производства, длительного хранения или в результате высокотемпературной обработки сахаросодержащих продуктов.

Оксиметилфурфурол был обнаружен в кофе, молоке, соках, меде, зерновых продуктах, бальзамической уксусе, консервированных фруктах, пиве, вине, соевом соусе, солоде и солодовых напитках [3]. ОМФ не найден в растительном сырье и практически отсутствует в свежеприготовленных продуктах. Большой разброс экспериментальных данных по содержанию ОМФ в меде и соках связан с такими причинами, как фальсификация, снижение влажности, длительное хранение и неадекватная термическая обработка, которая выполняется для предотвращения нежелательных реакций или кристаллизации [1, 2, 4].

Присутствие оксиметилфурфурола в пищевых продуктах нежелательно по следующим причинам: фурановые производные являются ядами, большие дозы их вызывают судороги и паралич, малые дозы

угнетают нервную систему. Токсическое действие ОМФ обосновывает необходимость регламентирования его содержания в пищевых продуктах, в особенности в продуктах для детского питания. Кодекс Алиментариус, Европейский союз (ЕС) и правила США установили предел ОМФ только для меда, который варьируется от 40 до 80 мг/кг в зависимости от страны происхождения. Аналогичным образом, Международная федерация переработчиков фруктовых соков рекомендует максимальную концентрацию, равную 10 мг/л во фруктовом соке и 25 мг/л в концентрированных фруктовых соках. В нашей республике содержание ОМФ регламентируется такими документами, как «Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов», техническими регламентами ТР ТС 021/2011 и ТР ТС 023/2011. Согласно этим документам, содержание ОМФ в соках и соковой продукции, в том числе в сырье для производства детского питания, должно быть не более 10 мг/л (в соковой продукции из цитрусовых фруктов) и 20 мг/л (в соковой продукции из остальных фруктов и овощей), в меде и БАД – не более 25 мг/кг.

Обзор литературы из базы данных Web of Science (204 статьи по всему миру с 2001 по 2021 год), который был сделан Martins FCOL с соавт. [1], продемонстрировал важность определения ОМФ в продуктах питания: наибольший интерес исследователей вызывали мед (20 %), зерновые и продукты их переработки (19 %) и напитки (13 %). На долю фруктовой и овощной продукции, детских смесей и продуктов для детского питания, а также кофе приходится по 8 % от общего количества исследованных образцов пищевой продукции.

В таблице приведена сравнительная характеристика хроматографических, спектрометрических и электрохимических методов определения ОМФ (по одному представителю каждой группы методов). Как видно из приведенных данных (таблица), предпочтительным методом определения оксиметилфурфурола в пищевых продуктах является хроматография. В нашей стране для контроля содержания ОМФ в пищевых продуктах применяются стандартизованные методики, основанные на колориметрии, спектрометрии и ВЭЖХ.

Таким образом, в настоящее время накоплен значительный научный и практический материал в данной области исследований. Однако до сих пор существует проблема выбора оптимальных методов определения концентрации ОМФ в сложной органической матрице, которой являются многие пищевые продукты. Для этой цели в большей степени подходят хроматографические методы, но для контроля ОМФ в условиях производства, они малопригодны из-за сложности и дороговизны инструментальной базы. Использование спектрометрии в

этом случае является предпочтительнее, однако имеется целый ряд факторов, не позволяющих получать достоверные и воспроизводимые результаты.

Таблица – Сравнительная характеристика разных методов определения ОМФ

Аналитический параметр	Качественные и количественные значения методов определения ОМФ		
	ультрафиолетово-видимая спектрофотометрия (UV/Vis)	высокоэффективная жидкостная хроматография (HPLC)	циклическая вольтамперометрия (CV)
Точность (%)	2,1–5,5	0,6–8,0	5,5
Извлечение (%)	93,5–106	83,0–105,0	90,2–104,7
Селективность	хорошая	отличная	плохая
Чувствительность	хорошая	хорошая	плохая
Надежность	отличная	хорошая	плохая
Пропускная способность образца	умеренная	низкая	умеренная
Подготовка образца	умеренная	высокая	низкая
Дериватизация	да	да	нет
Стоимость	низкая	умеренная	низкая
Применимость к анализу ОМФ	средняя	высокая	низкая

ЛИТЕРАТУРА

1. Martins FCOL., Alcantara GMRN., Silva AFS., Melchert WR., Rocha FRP. The role of 5-hydroxymethylfurfural in food and recent advances in analytical methods. // *Journal of Food Chemistry*. – 2022. – No. 30. – 395:133539. – DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.133539.
2. Capuano E., Fogliano V.. Acrylamide and 5-hydroxymethylfurfural (HMF): A review on metabolism, toxicity, occurrence in food and mitigation strategies // *Food Science and Technology*. – 2011. – No. 44. – P. 793–810. – DOI: 10.1016/j.lwt.2010.11.002.
3. Шилова, Н.А. К вопросу о содержании оксиметилфурфурола в продуктах питания/ Н.А. Шилова, Е.И. Полянских // *Здоровье и окружающая среда: сборник науч. трудов ГУ «Респ. научно-практ. центр гигиены»*; гл. ред. В.П. Филонов. – 2009. – вып. 14 – С. 220–222.
4. Martysiak-Zurowska D., Borowicz A. A comparison of spectrophotometric Winkler method and HPLC technique for determination of 5-hydroxymethylfurfural in natural honey // *Chemia Analityczna*. – 2009. – No. 54 (Vol. 5). – P. 939–947.